

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-29122

(43)公開日 平成8年(1996)2月2日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 B 11/00  
9/02

識別記号

G

片内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平6-162347

(22)出願日 平成6年(1994)7月14日

(71)出願人 000004204

日本精工株式会社  
東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72)発明者 橋本 浩司

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

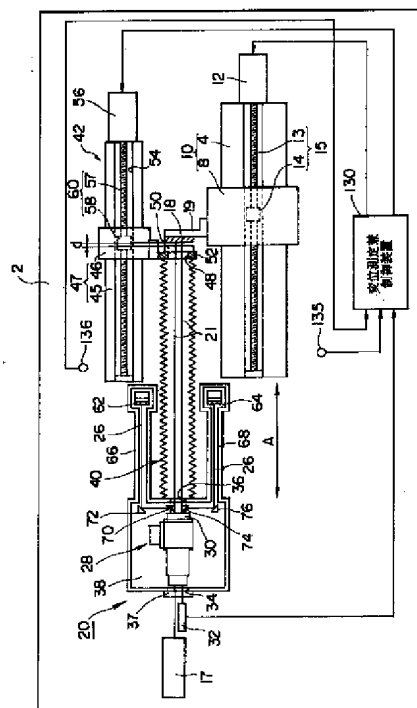
(74)代理人 弁理士 森 哲也 (外2名)

(54)【発明の名称】 変位測定器

(57)【要約】

【目的】測定光を真空状態で保持するベローズの伸縮による移動体の移動への悪影響をなくし、また基台の収縮張による変位測定への影響を小さくして変位測定を高精度で行う。

【構成】レーザ装置17からのレーザ光は干渉計28で測定光20と参照光26に2分され、測定光20は内部が真空状態でパルスモータ56及びボールネジ60によって移動されるスライダ46に取付けられたベローズ40内で、パルスモータ12及びボールネジ15により移動されるスライダ8の測長用ミラー18と干渉計28間を2往復し、参照光26はベローズ40の収縮限界に対応する位置に固定した各参照用キューブコーナ62、64と干渉計28間を内部が真空状態の参照光用チャンバ部66、68内で往復する。干渉計28に戻った測定光20と参照光26は干渉してスライダ8の変位量に応じた干渉縞を形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ装置から出射されるレーザ光を互いに90度異なる偏向面を有する測定光と参照光に分離して、基台上を所定の移動手段により移動する移動体に配設される測長用反射手段との間を複数回往復した前記測定光と該測定光とは異なる光路を経由した前記参照光とが干渉して干渉縞を形成する干渉計と、該干渉計の干渉縞を測定して移動体の変位量を計測する測定手段と、前記移動体の移動に応じて伸縮し且つ前記干渉計と前記測長用反射手段との間を真空状態に維持して前記測定光を伝搬させる測定光用伝搬路とを有する変位測定器において、前記測定光用伝搬路の収縮不可能領域における移動体側端部に対応して前記基台に固定された参照光用反射手段と、前記干渉計と前記参照光用反射手段との間を真空状態に維持して前記参照光を伝搬させる参照光用伝搬路と、前記測定光用伝搬路を前記移動手段の移動とは独立して伸縮駆動する駆動手段とを備えたことを特徴とする変位測定器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、レーザ光を測定光及び参照光に2分して夫々異なる光路を経させてから干渉させることにより移動体の変位量を高精度に測定する変位測定器に関し、特に測定光及び参照光を真空中で伝搬させて高精度な測定を行う変位測定器に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】大気中で移動する移動体の変位を真空中で伝搬するレーザ光を使用して高精度に測定する従来の変位測定器としては、例えば「DESIGN AND CONSTRUCTION OF A LARGE VERTICAL-AXIS DIAMOND TURNING MACHINE」(R.R. Donaldson, S.R. Patterson, SPIE's 27th Ann. Int. Tech. Symp. Instrum. Display, Aug. 21-26, 1983)に記載されたものがある。

【0003】この従来例は、図8に示すように、水平な上面を有する基台2上に、左右方向に延設された案内レール4とこれに摺動自在に案内されボールねじ等の直線駆動機構によって移動される移動体としてのスライダ8とで構成されるリニアガイド10が配設されていると共に、スライダ8の変位量を測定する変位測定器200が配設されている。

【0004】変位測定器200は、レーザ装置17と、スライダ8にその移動方向と反射面が直交して固定配置された測定用ミラー18と、レーザ装置17から発せられるレーザ光を測定光21及び参照光26に分離して測定光21については移動スライダ8の移動方向と平行に測定用ミラー18へ出射すると共にその反射光を入射させ、参照光26については測定光21と異なる光路を経させてから両者を干渉させて干渉縞を形成する干渉計28と、1/4波長板30と、干渉計28から出力される

干渉光を受光して光ビート信号を出力するレシーバ32と、干渉計28及び1/4波長板30を気密状態に收容し且つレーザ装置17側及び反射ミラー19側に夫々レーザ光を通過させる透孔34及び36が形成され、透孔34が透光性板37で閉塞されたチャンバ38と、このチャンバ38の透孔36とスライダ8の測定用ミラー18と近接してスライダ8に固定した支持片80との間に張設された測定光21の通路を構成するベローズ40とを備えている。支持片80には測定光21を透過する透孔81が形成されていると共に、この透孔81がその測定用ミラー18側で透光性板82で閉塞されている。そして、チャンバ38及びベローズ40の内部が真空状態に維持されて、測定光21及び参照光26が真空中を伝搬するように構成されている。

【0005】前記干渉計28は、レーザ装置17からのレーザ光を透過及び反射させて異なる偏向面を有する測定光20と参照光26に分離して異なる光路を経させてから測定光20と参照光26とを干渉させて干渉縞を形成するビームスプリッタ110と、このビームスプリッタ110から出射するレーザ光を異なる光路の平行光とし反射させてビームスプリッタ110に戻すキューブコーナ35、37とを備えている。

【0006】前記レシーバ32には、レシーバ32からの光ビート信号を受けて計測される干渉縞の変化数からスライダ8の変位量を測定する測定回路120が接続されている。上記構成の従来例においては、案内レール4に沿ってスライダ8を移動させるとこのスライダ8の移動と共にベローズ40が伸縮して、測定光21が透光性板82と測定用ミラー18間の僅少な部分である空气中伝搬長さd以外のほぼ全光路において真空中を伝搬することになる。そして、このスライダ8の変位量が次のように測定される。

【0007】レーザ装置17から発せられるレーザ光のうちビームスプリッタ110を透過した測定光21は、1/4波長板30を通り、次いでベローズ40内を通過して透光性板82から大気中に射出されて測定用ミラー18で反射され、再度ベローズ40内を通過して1/4波長板30を通り偏向面が90度回転されるので測定光21はビームスプリッタ110の偏向面で反射されてキューブコーナ35に向かい、これによって反射されて再度ビームスプリッタ110に向かい、その偏向面で反射されて1/4波長板30を介して再度測定用ミラー18で反射されて1/4波長板30を介してビームスプリッタ110を透過する。

【0008】一方、レーザ装置17からのレーザ光でビームスプリッタ110の偏向面で反射された参照光26はキューブコーナ37に向かいこれによって反射されてビームスプリッタ110に戻り、この参照光26とビームスプリッタ110を透過する前記測定光21とがビームスプリッタ110の偏向面で干渉して干渉縞が形成さ

3

れる。この干渉縞による光ビート信号がレーバ32で検出され測定回路120によりスライダ8の移動に応じた干渉縞の変化数が計数し、その計数値にレーザ光の波長を乗じてスライダ8の変位量を測定する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の変位測定器にあっては、ベローズ40の一端が支持片80を介してスライダ8に固定されているため、内部が真空状態のベローズ40に外気圧との気圧差の関係から生ずる推力や、或いはベローズ40の伸縮時に起こるベローズ40のバネ力がスライダ8の移動に作用して移動スライダ8を目標位置に定置することが困難となるという未解決の課題がある。また、測定光21の真空中の伝搬路を確保するためにベローズ40を適用している関係で、ベローズ40のこれ以上収縮できない収縮不可能領域Aが生じ、この領域Aでは測定ができないため、この収縮不可能領域Aを除いた領域を測定領域とせざるを得ず、この収縮不可能領域Aを含んで移動体の変位量を測定することになり、例えば基台2が熱収縮したときの収縮不可能領域Aの収縮量がスライダ8の変位量に影響を与えて測定精度が低下するという未解決の課題もある。

【0010】そこで、本発明は、上記未解決の課題に着目してなされたものであり、移動体の移動がベローズの伸縮によって影響を受けず、また、ベローズの収縮不可能領域の存在にかかわらず移動体の変位量を正確に測定することができる変位測定器を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係る変位測定器は、レーザ装置から出射されるレーザ光を互いに90度異なる偏向面を有する測定光と参照光に分離して、基台上を所定の移動手段により移動する移動体に配設される測長用反射手段との間を複数回往復した前記測定光と該測定光とは異なる光路を経由した前記参照光とが干渉して干渉縞を形成する干渉計と、該干渉計の干渉縞を測定して移動体の変位量を計測する測定手段と、前記移動体の移動に応じて伸縮し且つ前記干渉計と前記測長用反射手段との間を真空状態に維持して前記測定光を伝搬させる測定光用伝搬路とを有する変位測定器において、前記測定光用伝搬路の収縮不可能領域における移動体側端部に対応して前記基台に固定された参照光用反射手段と、前記干渉計と前記参照光用反射手段との間を真空状態に維持して前記参照光を伝搬させる参照光用伝搬路と、前記測定光用伝搬路を前記移動手段の移動とは独立して伸縮駆動する駆動手段とを備えたことを特徴としている。

【0012】

【作用】本発明においては、レーザ装置から出射されるレーザ光は干渉計で互いに90度異なる偏向面を有する

4

測定光と参照光とに分離される。測定光は、移動体を移動させる所定の移動手段とは独立した駆動手段により移動体の移動に応じて伸縮駆動する内部が真空状態の測定光用伝搬路内を通り、移動体に配設された測長用反射手段と干渉計との間を複数回往復する。参照光は、内部が真空状態の参照光用伝搬路内で測定光用伝搬路におけるベローズの収縮不可能領域の移動体側端部に対応して基台に固定された参照光用反射手段と干渉計との間の真空状態に維持された参照光用伝搬路内を往復する。互いに異なる光路を経由した測定光と参照光とは干渉計で干渉して干渉縞を形成する。測定手段により前記干渉縞が測定されて移動体の変位量が計測される。

【0013】ここで、参照光用反射手段が測定光用伝搬路の収縮不可能領域における移動体側端部に対応した位置に固定されているので、基台の熱収縮によってこの収縮不可能領域の長さが変化してもこの部分の測定光の光路長と参照光の光路長とは等しいため、収縮不可能領域部分の変化は移動体の変位量測定に影響を与えない。また、測定光用伝搬路の伸縮駆動は移動体の移動とは独立して行われるので、移動体の移動は測定光用伝搬路の伸縮駆動によって影響されることがなく、内部が真空状態である測定光用伝搬路の推力も受けることがない。

【0014】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1は、本発明の第1実施例を示す概略構成図である。同図において、基台2の水平な上面には左右方向に延設された案内レール4とこれに摺動自在に係合する移動体としてのスライダ8とで構成されたりニアガイド10が配設されている。ここで、スライダ8は、案内レール4の上面に形成された凹溝9内に回転自在に配設され且つ一端がパルスモータ12の回転軸に連結されて正逆転駆動されるねじ軸13と、スライダ8に固定され且つねじ軸13に螺合するボールナット14とから構成される移動手段としてのボールネジ15によって左右方向に移動される。

【0015】また、基台2の水平な上面には、スライダ8の変位量を測定する変位測定器20が配設されている。この変位測定器20は、レーザ装置17と、スライダ8の後側面にその移動方向と反射面が直交する方向に固定支持された測定用反射手段としての測定用ミラー18と、レーザ装置17から出射されるレーザ光を互いに90度異なる偏向面を有する測定光21と参照光26とに分して測定光21についてはスライダ8の移動方向と平行に測定用ミラー18へ出射すると共にその反射光を入射させ、参照光26については測定光21と異なる光路を経させてから両者を干渉させて干渉縞を形成する干渉計28と、1/4波長板30と、干渉計28から出力される干渉光を受光して光ビート信号を出力するレーバ32と、干渉計28及び1/4波長板30を真空状態に收容し且つレーザ装置17側及び測定用ミラー18

5

側に夫々レーザ光を通過させる透孔34及び36が形成され、透孔34が透光性板37で閉塞されたチャンバ38と、干渉計28及び測定用ミラー18間を往復する測定光21を真空状態で伝搬させ且つ伸縮自在の測定光用伝搬路を構成するベローズ40と、このベローズ40の自由端をスライダ8の移動に追従して伸縮させる直線移動機構42と、ベローズ40の収縮限界位置近傍における前後両側の基台2上に固定配置された干渉計28から出射される参照光26を反射して干渉計28へ戻す参照光用反射手段としての一对の参照光用キューブコーナ62、64と、チャンバ38に連通されると共に、参照光用キューブコーナ62、64を収容して干渉計28及び参照光用キューブコーナ62、64間を往復する参照光26を真空状態で伝搬させる参照光伝搬路としての一对の参照光用チャンバ部66、68とを備えている。

【0016】ここで、測定用ミラー18は、前述した従来例と同様にスライダ8の後側面に後方に突出延長して配設された支持片19にその反射面を干渉計28から出射される測定光21の光軸と直交して固定されている。また、直線移動機構42は、基台2上のリニアガイド10の案内レール4と測定用ミラー18を挟んで対向する位置に案内レール4と平行に配設された案内レール44と、この案内レール44に係合されて左右方向に摺動自在のスライダ46とで構成されたりニアガイド47と、そのスライダ46の前側面に前方に突出延長し測定用ミラー18と対向する位置に干渉計28からの測定光及びその測定用ミラー18での反射光を透過する透孔48が形成されていると共に、この透孔48を測定用ミラー18側で閉塞する透光性板50を備えた支持片52とで構成され、支持片52の透光性板50とは反対側の透孔48の回りにベローズ40の自由端が気密状態で固着されている。そして、スライダ46が案内レール44の上面に形成した凹溝54内に回転自在に配設され一端がパルスモータ56の回転軸に連結されて正逆転駆動されるネジ軸57と、このネジ軸57に螺合し、且つスライダ46の下面に固定されたボールナット58とで構成されるボールネジ60によって左右方向に移動され、パルスモータ56が後述する駆動回路141に回転駆動されることにより、スライダ8の移動に同期して測定用ミラー18と透光性板50との間隔dを一定に保った状態で移動制御される。ここで、ボールネジ60は前述したリニアガイド10を駆動するボールネジ15とピッチが同一に設定されている。

【0017】また、チャンバ38内には、干渉計28から出射される参照光26を参照光用キューブコーナ62、64に及びその逆に案内する直角プリズム70、72及び74、76がベローズ40の中心軸を挟んで線対称に配設され、直角プリズム72及び76と参照光用キューブコーナ62及び64との間を伝搬する参照光26の光路が、干渉計28と測定用ミラー18間を往復伝搬

6

する測定光21の光路と平行となる。

【0018】次に、上記変位測定器20の光学系を図2を用いて詳細に説明する。干渉計28は、レーザ装置17からのレーザ光を透過及び反射させて偏向面が紙面に対して垂直なP波を透過させて測定光21とし、偏向面が紙面に対して水平なS波を反射して参照光26として分離するビームスプリッタ110と、このビームスプリッタ110から出射される測定光21又は参照光26を異なる光路の平行光としてビームスプリッタ110に戻すキューブコーナ112と、ビームスプリッタ110から出射される参照光26を前記直角プリズム70又は74に入射するように反射させる直角プリズム114、116、118とが内蔵されている。

【0019】ここで、直角プリズム114は前記直角プリズム70よりもベローズ40側に近づけて配設され、ビームスプリッタ110からの参照光26を最初に反射させる直角プリズム116の入射面は直角プリズム70と114の各入射面を合わせたものよりも広く形成されている。直角プリズム114と118は、ベローズ40の中心軸の延長線に対して直交する一直線上に配置され、直角プリズム118と74はベローズ41の中心軸と平行な直線上に配置され、直角プリズム118と74間を通る参照光26の光路が、干渉計28と測長用ミラー19間を通る測定光21の光路と平行となるよう配設されている。

【0020】この光学系のレーザ光の動作を説明する。レーザ装置17から出射されるレーザ光がビームスプリッタ110に入射すると、このビームスプリッタ110でレーザ光は偏向面が垂直な測定光20と偏向面が水平な参照光26とに分離する。すなわち、ビームスプリッタ110を透過した測定光21は矢示S1で示すように、測定用ミラー18に向かい、ビームスプリッタ110で反射された参照光26は矢示U1で示すように、直角プリズム116に向かう。

【0021】そして、ビームスプリッタ110から出射された測定光21は、1/4波長板30を介してスライダ8に配設された測長用ミラー18で反射されて矢示S2で示すように、再度1/4波長板30を介してビームスプリッタ110に戻る。このとき、測定光21は1/4波長板30を2度通過することによりその偏向面が水平面となるので、ビームスプリッタ110で反射して矢示S3で示すように、キューブコーナ112に入射する。測定光21は、キューブコーナ112で反射されて異なる光路の平行光として矢示S4で示すようにビームスプリッタ110に戻り、ビームスプリッタ110の偏向面で反射されて矢示S5で示すように1/4波長板30を介して再度測長用ミラー18に向かい、測定用ミラー18で反射され、矢示S6で示すように1/4波長板30を介してビームスプリッタ110に戻る。このとき、測定光20は1/4波長板30を2度通過すること

により偏向面が垂直面に戻されるのでビームスプリッタ110を透過する。

【0022】一方、ビームスプリッタ110で反射された参照光26は、直角プリズム116で反射して1/4波長板30を介して直角プリズム70に入射し、直角プリズム72で反射されて、矢示U2で示すように参照用キューブコーナ62に入射し、参照用キューブコーナ62によって異なる光路の平行光として反射されて矢示U3で示すように直角プリズム72に戻されて直角プリズム72及び70で反射され1/4波長板30を介して直角プリズム116に入射して、矢示U4で示すように直角プリズム116で反射されビームスプリッタ110に戻る。このとき、参照光26は1/4波長板30を2度通過することにより、その偏向面が垂直面にされるので、ビームスプリッタ110を透過してキューブコーナ112にて反射され矢示U5で示すように再度ビームスプリッタ110を透過して、直角プリズム116、114、118で順に反射され1/4波長板30を介して矢示U6で示すように直角プリズム74に入射する。

【0023】そして、参照光26は直角プリズム74と76で反射され参照用キューブコーナ64で反射されて矢示U7で示すように異なる光路の平行光として直角プリズム76に戻される。この直角プリズム76で反射された参照光26は、直角プリズム74で反射され、1/4波長板30を介して直角プリズム118に入射し、直角プリズム118、114、116と順に反射されビームスプリッタ110に入射する。このとき、参照光26は再度1/4波長板30を2度通過することによって偏向面が水平面に戻されるのでビームスプリッタ110で反射され、この参照光26と前記ビームスプリッタ110を透過する測定光20とがビームスプリッタ110の偏向面で干渉するので干渉縞が形成される。この干渉縞による光ビート信号がレシーバ32から出力される。

【0024】そして、レシーバ32の変位を表す出力信号が変位測定兼制御装置130に入力される。この変位測定兼制御装置130は、図3に示すように、レシーバ32の出力信号を波形整形してパルスを出力する波形整形回路132と、この波形整形回路132の出力パルスを可逆カウントすると共に、後述するマイクロコンピュータ136からのクリア信号CLによってカウント値をクリアするデジタル型のアップダウンカウンタ134と、スライダ8及び36の制御原点を個別に検出する例えば反射形光電センサで構成される原点センサ135、136と、アップダウンカウンタ134のデジタルカウント値及び原点センサ135、136のスイッチ信号が夫々入力されるマイクロコンピュータ137と、このマイクロコンピュータ137から出力されるスライダ8の移動位置情報を表示するディスプレイ138と、マイクロコンピュータ136から出力されるモータ駆動指令値が入力され、これに基づいて各パルスモータ12及び

56を駆動する駆動パルスを出力する駆動回路140及び141とを備えている。

【0025】ここで、原点センサ135及び136は、図1に示すように、案内レール4及び44に形成された反射板とこれに対向して配置された反射形光電センサとで構成され、反射板と光電センサとの間にスライダ8及び46が存在しないときにオン状態、スライダ8及び46が存在するときにオフ状態となる原点検出信号OS1及びOS2を出力し、原点センサ135に対して原点センサ136が測定用ミラー18と透光性板50との間に微小間隔dを維持するように左側にずれて配設されている。

【0026】マイクロコンピュータ137は、図示しないが、入出力インタフェース回路、演算処理装置、記憶装置を含んで構成され、先ずスライダ8の位置制御を行う図4に示すメインプログラムにおける初期状態で、スライダ8及び46の制御原点補正を行った後、このメインプログラムで決定されるスライダ8の移動目標位置LTに従って図5の処理を実行してアップダウンカウンタ134のカウント値に基づいてスライダ8の現在位置LPを算出し、この現在位置LPと移動目標位置LTとの偏差ΔLに応じてパルスモータ12及び56を駆動してスライダ8を移動目標位置LTに正確に位置決め制御する。

【0027】次に、上記実施例の動作をマイクロコンピュータの処理手順を示す図4及び図5のフローチャートを伴って説明する。図4の位置制御処理は、メインプログラムとして実行され、電源が投入されたときに、先ず、ステップS1で原点センサ136の原点検出信号OS2を読み込み、次いでステップS2に移行して読込んだ原点検出信号OS2がオフ状態であるか否かを判定する。この判定は、スライダ46が予め設定した制御原点に存在するか否かを判定するものであり、原点検出信号OS2がオン状態であるときには、スライダ46が制御原点より右側に存在するものと判断してステップS2に移行し、パルスモータ56を反時計方向に回転させる1パルスのモータ逆転パルス信号CCW2を駆動回路141に出力してから前記ステップS2に戻り、原点検出信号OS2がオフ状態であるときには、原点センサ136の位置にスライダ46の左端部が存在して制御原点位置にあるものと判断してそのままステップS4に移行する。

【0028】このステップS4では、原点センサ135の原点検出信号OS1を読み込み、次いでステップS5に移行して読込んだ原点検出信号OS1がオフ状態であるか否かを判定する。この判定は、スライダ8が予め設定した制御原点に存在するか否かを判定するものであり、原点検出信号OS1がオン状態であるときには、スライダ8が制御原点より右側に存在するものと判断してステップS6に移行し、パルスモータ12を反時計方向に回

転させる1パルスのモータ逆転パルス信号CCW1を駆動回路140に出力してから前記ステップS5に戻り、原点検出信号OS1がオフ状態であるときには、原点センサ135の位置にスライダ8の左端部が存在して制御原点位置にあるものと判断してそのままステップS7に移行する。

【0029】このステップS7では、スライダ8及び46が共に制御原点にあるものと判断して、アップダウンカウンタ134に対してクリア信号CLを送出してからステップS8に移行する。このステップS8では、予め設定された所定の移動位置制御処理を実行して、逐次スライダ8の移動目標距離 $L_T$ を決定し、これを記憶装置の所定記憶領域に逐次更新記憶し、次いでステップS9に移行して位置制御を終了するか否かを判定し、位置制御を継続する場合には、ステップS8に戻り、位置制御を終了する場合には、そのまま処理を終了する。 \*

$$\Delta X = \Delta \cdot n_n - \Delta \cdot n_0 = \Delta (n_n - n_0) \quad \cdots \cdots (2)$$

で表すことができる。

【0032】この(2)式において、真空中の屈折率 $n_0$ は“1”であるので、光路長差 $\Delta X$ は、  
 $\Delta X = \Delta (n_n - 1) \quad \cdots \cdots (3)$

となり、この光路長差 $\Delta X$ で距離 $N \cdot \lambda$ を補正することにより、絶対移動距離 $L_P$ を算出することができる。

【0033】次いで、ステップS13に移行して、記憶装置の所定記憶領域に格納されている移動目標距離 $L_T$ を読み込み、次いでステップS14に移行して、移動目標距離 $L_T$ から現在の移動距離 $L_P$ を減算して両者の偏差 $\Delta L (= L_T - L_P)$ を算出してからステップS15に移行する。このステップS15では、偏差 $\Delta L$ が“0”であるか否かを判定し、 $\Delta L = 0$ であるときには、ステップS16に移行して、駆動回路140、141へのモータ正逆転信号CW1、CW2、CCW1、CCW2の出力を停止してからタイマ割込処理を終了してメインプログラムに復帰し、 $\Delta L \neq 0$ であるときには、ステップS17に移行して、偏差 $\Delta L$ が正であるか否かを判定し、 $\Delta L > 0$ であるときには、スライダ8が移動目標距離 $L_T$ より左側にあるものと判断して、ステップS18に移行して、アップダウンカウンタ134に対してアップカウント指令信号CSUを出力し、次いでステップS19に移行して駆動回路140に対してパルスモータ12及び56を正転させる1パルスのモータ正転パルス信号CW1及びCW2を出力してからタイマ割込処理を終了してメインプログラムに復帰し、 $\Delta L < 0$ であるときには、スライダ8が移動目標距離 $L_T$ より右側にあるものと判断して、ステップS20に移行して、アップダウンカウンタ134に対してダウンカウント指令信号CSDを出力し、次いでステップS21に移行して駆動回路140に対してパルスモータ12及び56を逆転させる1パルスのモータ逆転パルス信号CCW1及びCCW2を出力してからタイマ割込処理を終了する。 \*

\*【0030】また、図5の移動位置測定及び駆動制御処理は、所定時間(例えば20msec)毎のタイマ割込処理として実行され、先ず、ステップS11で、アップダウンカウンタ134のカウント値Nを読み込み、次いでステップS12に移行して、カウント値N、レーザ光の波長 $\lambda$ 、測定用ミラー18近傍で測定光が大気中を伝搬する微小距離 $\Delta$ に基づいて下記(1)式の演算を行って、スライダ8の現在の制御原点からの絶対移動距離 $L_P$ を算出する。

10 【0031】

$$L_P = N \times \lambda - \Delta (n_n - 1) \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、 $n_n$ は大気中の屈折率である。この(1)式でレーザ光が大気中の微小距離 $\Delta$ を伝搬することによる光路長差 $\Delta X$ を補正することができる理由は、以下の通りである。すなわち、光路長差 $\Delta X$ は、

※【0034】したがって、今、変位測定兼制御装置130に電源が投入されておらず、パルスモータ12及び56が停止状態にあるものとする、この停止状態から変位測定兼制御装置130に電源が投入されると、先ず、マイクロコンピュータ137で図4のメインプログラムが起動され、これによってステップS1～ステップS7の初期化処理が行われる。

【0035】すなわち、先ず、スライダ46が予め設定された所定の制御原点にあるか否かを原点センサ136の原点検出信号OS2がオフ状態であるか否かによって判定し(ステップS2)、原点検出信号OS2がオン状態であるときには、スライダ46が制御原点より右側にあると判断してモータ駆動回路141に1パルスのモータ逆転信号CCW2を出力することにより(ステップS3)、パルスモータ56を逆転駆動してスライダ46を左方に移動させ、この状態をスライダ46の左端面が原点センサ136に到達して、原点検出信号OS2がオフ状態となるまで継続し、原点検出信号OS2がオフ状態となってスライダ46が制御原点に達すると、次にスライダ8について同様の原点補正処理(ステップS4～S6)を行い、原点補正が完了すると、アップダウンカウンタ134に対してクリア信号CLを送出してアップダウンカウンタ134のカウント値Nを“0”にクリアする(ステップS7)。

【0036】次いで、予め設定された移動位置制御処理を実行して、スライダ8の移動目標距離 $L_T$ を順次決定し、決定した移動目標距離 $L_T$ を記憶装置の所定記憶領域に更新記憶し、この処理を位置制御処理を終了するまで繰り返す。一方、所定時間毎に、図5のタイマ割込処理が実行されることにより、アップダウンカウンタ134のカウント値Nに基づいて現在の制御原点からの絶対移動距離 $L_P$ が算出される。このとき、移動目標距離 $L_T$ が“0”であるものとする、スライダ8がまだ制御

11

原点であって、移動距離 $L_P$ は“0”を維持しているので、偏差 $\Delta L$ も“0”となり、ステップS16に移行してモータ正転パルス信号CW1、CW2及びモータ逆転パルス信号CCW1、CCW2が共にモータ駆動回路140及び141に出力されず、パルスモータ12及び56は停止状態にある。

【0037】この停止状態から、図4のメインプログラムにおけるステップS8の移動位置制御処理で、“0”以外のスライダ8の移動目標距離 $L_T$ が設定されると、図5のタイマ割込処理が実行されたときに、未だパルス

モータ12及び56が回転駆動されていないことにより、アップダウンカウンタ134のカウント値Nが“0”を維持するため、ステップS14で算出される偏差 $\Delta L$ が正の値となり、ステップS15、S17を経てステップS18に移行することにより、アップダウンカウンタ134に対してアップカウント指令信号CS<sub>U</sub>が出力され、次いで1パルスのモータ正転パルス信号CW1及びCW2が駆動回路140及び141に出力され、これに応じてパルスモータ12及び56が1パルス分正転駆動されて、スライダ8及び46が右方向に移動され

る。そして、上記正転駆動処理がステップS14で算出される偏差 $\Delta L$ が“0”となるまで継続される。

【0038】このように、スライダ8が右方向に移動されると、その移動に応じて、測定用ミラー18が右方向に移動することになるため、変位測定器20の干渉計28から出力される測定光21の光路長が変更され、この干渉計28内で測定光21と参照光26とが干渉することにより干渉縞が形成され、これがレシーバ32で受光されて、このレシーバ32から光ビート信号が変位測定兼制御装置130の波形整形回路132に供給されてパ

ルス信号に変換され、このパルス信号がアップダウンカウンタ134に供給されることにより、このアップダウンカウンタ134のカウント値がカウントアップされる。

【0039】したがって、マイクロコンピュータ137で図5の処理を実行したときに、ステップS12でアップダウンカウンタ134のカウント値Nに基づいてスライダ8の移動に伴う制御原点からの絶対移動距離 $L_P$ が逐次算出され、これと移動目標距離 $L_T$ との偏差 $\Delta L$ が零となるまでパルスモータ12及び56が回転駆動され

10

20

30

40

50

12

【0040】また、ベローズ40の先端が、測定用ミラー18を保持したスライダ8とは異なるスライダ46に保持されているので、スライダ8については、その移動時に何ら負荷が生じることはなく、正確な移動を確保することができ、位置決め精度を向上させることができる。さらに、ベローズ40の収縮限界位置近傍に参照光26を反射する参照光用キューブコーナ62、64が配設され、これによってベローズ40の収縮不可能領域に対応して測定光21の往復数に応じた参照光26の光路が形成されているので、この収縮不可能領域の基台2に雰囲気温度による熱収縮が生じたとしても、この熱収縮分が測定光21及び参照光26の双方の光路長に均等に影響することにより、ベローズ40の収縮不可能領域の基台2の熱収縮が移動体の変位量の測定に影響を与えることを確実に阻止することができ、移動体の変位量を高精度で測定することができる。

【0041】また、図4の移動位置制御処理で算出される移動目標距離 $L_T$ が現在移動距離 $L_P$ より短い場合には、図5の処理が実行されたときに、現在移動距離 $L_P$ 及び移動目標距離 $L_T$ の偏差 $\Delta L$ が負となるので、ステップS17からステップS20に移行して、アップダウンカウンタ134にダウンカウント指令信号CS<sub>D</sub>を出力し、次いでステップS21で1パルスのモータ逆転パルス信号CCW1及びCCW2を駆動回路140及び141に出力し、これによってパルスモータ12及び56を逆転駆動して、スライダ8及び46を左方向に移動させる。

【0042】このように、スライダ8が左方向に移動する状態となると、その移動に応じたレシーバ32から光ビート信号が出力され、これが波形整形回路132でパルスに変換されてアップダウンカウンタ134にカウントパルスとして供給されるので、このアップダウンカウンタ134のカウント値Nがダウンカウントされ、このカウント値Nに基づいて算出される現在移動距離 $L_P$ が減少される。

【0043】そして、逆転制御処理が現在移動距離 $L_P$ が移動目標距離 $L_T$ に一致するまで継続される。次に、本発明の第2実施例を図6について説明する。この第2実施例は、測定光21の空気中における伝搬距離dを正確に制御するようにしたものであり、図6に示すように、スライダ46に設けた支持片52の先端部に、これとスライダ8に設けた支持片19との間隔Xを測定する電気マイクロメータ150を配設し、この電気マイクロメータ150の測定値がマイクロコンピュータ137に入力され、このマイクロコンピュータ137で測定光の伝搬距離dを一定に制御するようにパルスモータ56を制御するようにしたことを除いては上記第1実施例と同様の構成を有する。

【0044】ここで、マイクロコンピュータ137は、前述した図5の移動制御処理において、スライダ8を駆

## 13

動するパルスモータ12についてのみ移動制御を行うようにし、スライダ46を駆動するパルスモータ12については図7に示すタイマ割込処理を実行する。このタイマ割込処理は、まず、ステップS30で電気マイクロメータ150の測定値Xを読み、次いでステップS31に移行して、測定値Xから予め測定された測定用ミラー18及び透光性板50の板厚tを減算して現在の測定光21の空気中の伝搬距離 $d_P$ を算出し、次いでステップS32に移行して、算出された伝搬距離 $d_P$ と予め設定された測定光21の空気中の目標伝搬距離 $d_T$ との偏差 $\Delta d$ を算出してからステップS33に移行する。

【0045】このステップS33では、偏差 $\Delta d$ が“0”であるか否かを判定し、 $\Delta d=0$ であるときには、ステップS34に移行して、駆動回路140へのモータ正逆転パルス信号CW2、CCW2の出力を停止してからタイマ割込処理を終了してメインプログラムに復帰し、 $\Delta d \neq 0$ であるときには、ステップS35に移行して、偏差 $\Delta d$ が負であるか否かを判定し、 $\Delta d < 0$ であるときには、支持片52即ちスライダ46がスライダ8に対して離れすぎているものと判断して、ステップS36に移行して、駆動回路141に対してパルスモータ56を正転させる1パルスのモータ正転パルス信号CW2を出力してからタイマ割込処理を終了してメインプログラムに復帰し、 $\Delta d > 0$ であるときには、支持片52即ちスライダ46がスライダ8に対して近づき過ぎているものと判断して、ステップS37に移行して、駆動回路141に対してパルスモータ56を逆転させる1パルスのモータ逆転パルス信号CCW2を出力してからタイマ割込処理を終了する。

【0046】この第2実施例によると、例えばスライダ8が右方（又は左方）に移動して、支持片19及び52間の距離Xが長く（又は短く）なって、測定光21の空気中伝搬距離 $d_P$ が目標伝搬距離 $d_T$ より長く（又は短く）なると、これらの偏差 $\Delta d$ が負（又は正）となることにより、ステップS35からステップS36（又はステップS37）に移行して、モータ駆動回路141に1パルスのモータ正転パルス信号CW2（又はモータ逆転パルス信号CCW2）が出力されることにより、パルスモータ56が正転（又は逆転）駆動され、これによってスライダ46が右方（又は左方）に移動され、この処理が測定された空気中伝搬距離 $d_P$ が目標伝搬距離 $d_T$ に一致して両者の偏差 $\Delta d$ が零となるまで繰り返される。

【0047】このように、第2実施例によれば、測定光21の空気中伝搬距離 $d_P$ が目標伝搬距離 $d_T$ に一致するようにクローズドループ制御されるので、測定光21の空気中伝搬距離 $d_P$ の変動による変位量の測定誤差を抑制してより高精度の変位量測定を行うことができる。なお、上記第1及び第2実施例においては、ベローズ40の両側に参照光26を反射するキューブコーナ62、64を配置した場合について説明したが、これに限定さ

## 14

れるものではなく、何れか一方側にのみ反射ミラー等の反射手段を設け、これと干渉計28との間で参照光26を2往復させるようにしてもよい。

【0048】また、上記第1及び第2実施例においては、測定光21及び参照光26を2往復させる場合について説明したが、これに限定されるものではなく、3往復以上往復させるようにしてもよい。さらに、上記第1及び第2実施例においては、スライダ8及び46をパルスモータ12及び56で移動制御する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、パルスモータに代えて直流モータを適用し、これをフィードバック制御するようにしてもよい。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る変位測定器によれば、移動体を移動させる移動手段と測定光用伝搬路を伸縮駆動する駆動手段とが異なって設けられているので、内部が真空状態の測定光用伝搬路に推力が生じたり、測定光用伝搬路が移動体に応じて伸縮駆動しても移動体の移動には何ら影響しないので移動体の位置決めを高精度で行うことができ、しかも参照光用反射手段が測定光用伝搬路の収縮限界に対応する位置に固定されているので、基台の熱収縮によって干渉計と収縮限界位置間の距離が変化しても、測定光と参照光の光路長も同時に変化するため、移動体の変位量を高精度で測定することができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示す変位測定器の概略構成図である。

【図2】同実施例の光学系を示す説明図である。

【図3】同実施例の変位測定兼制御装置の一例を示すブロック図である。

【図4】同実施例の制御装置での処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図5】同実施例の制御装置での処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図6】本発明の第2の実施例を示す部分詳細図である。

【図7】第2実施例の制御装置での処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図8】変位測定器の従来例を示す概略図である。

【符号の説明】

- 2 基台
- 4, 44 案内レール
- 8 移動スライダ
- 10 リニアガイド
- 12 パルスモータ
- 15 ボールネジ
- 17 レーザ装置
- 18 測定用ミラー
- 19 支持片



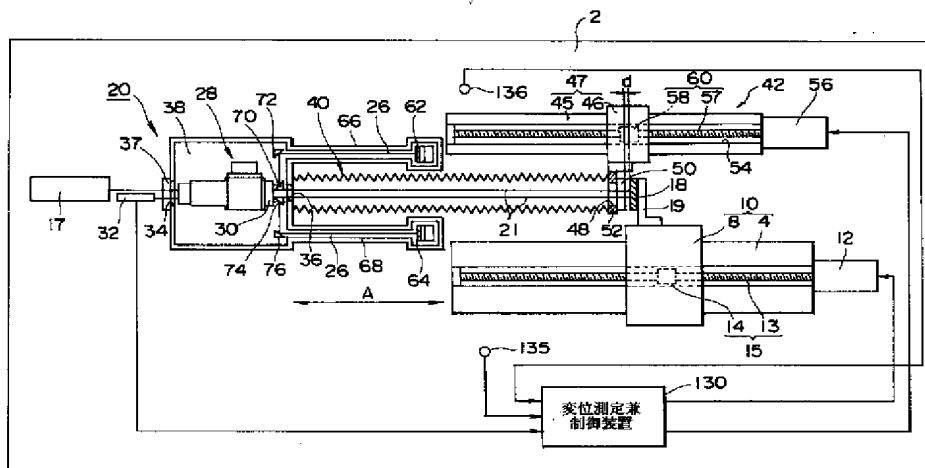
15

16

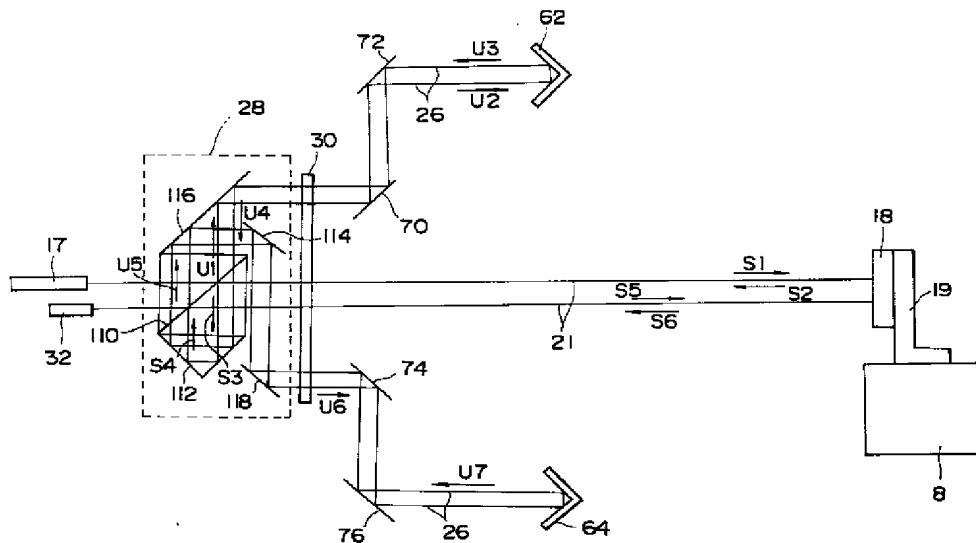
21 測定光  
26 参照光  
28 干渉計  
30 1/4波長板  
32 レシーバ  
38 チャンバ  
40 ベローズ  
46 スライダ  
47 リニアガイド  
56 パルスモータ

60 ボールネジ  
62, 64 参照用キューブコーナ  
110 ビームスプリッタ  
112 キューブコーナ  
114, 116, 118 直角プリズム  
130 変位測定兼制御装置  
134 アップダウンカウンタ  
137 マイクロコンピュータ  
140, 141 モータ駆動回路  
10 150 電気マイクロメータ

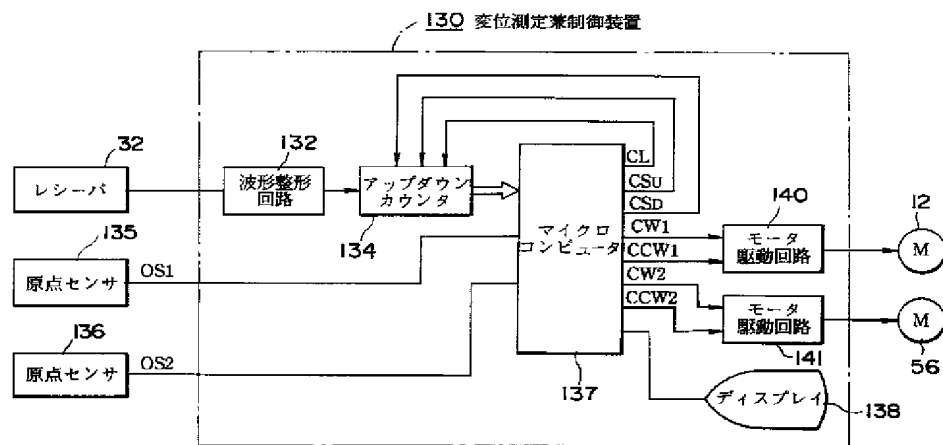
【図1】



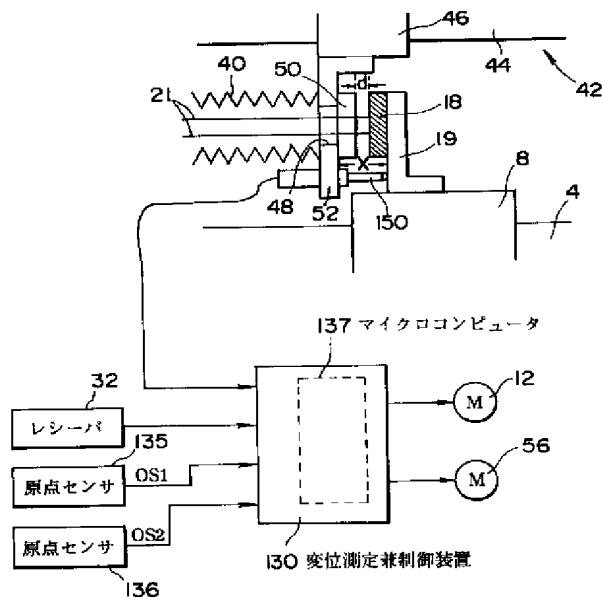
【図2】



【図3】

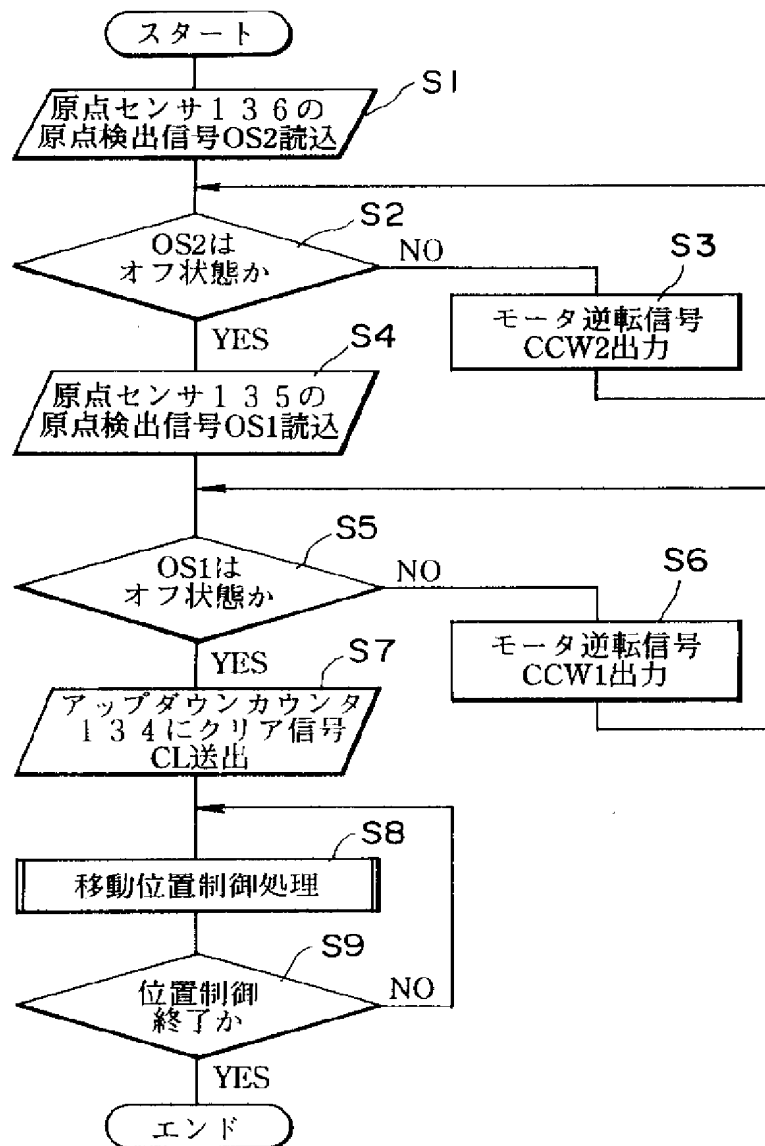


【図6】

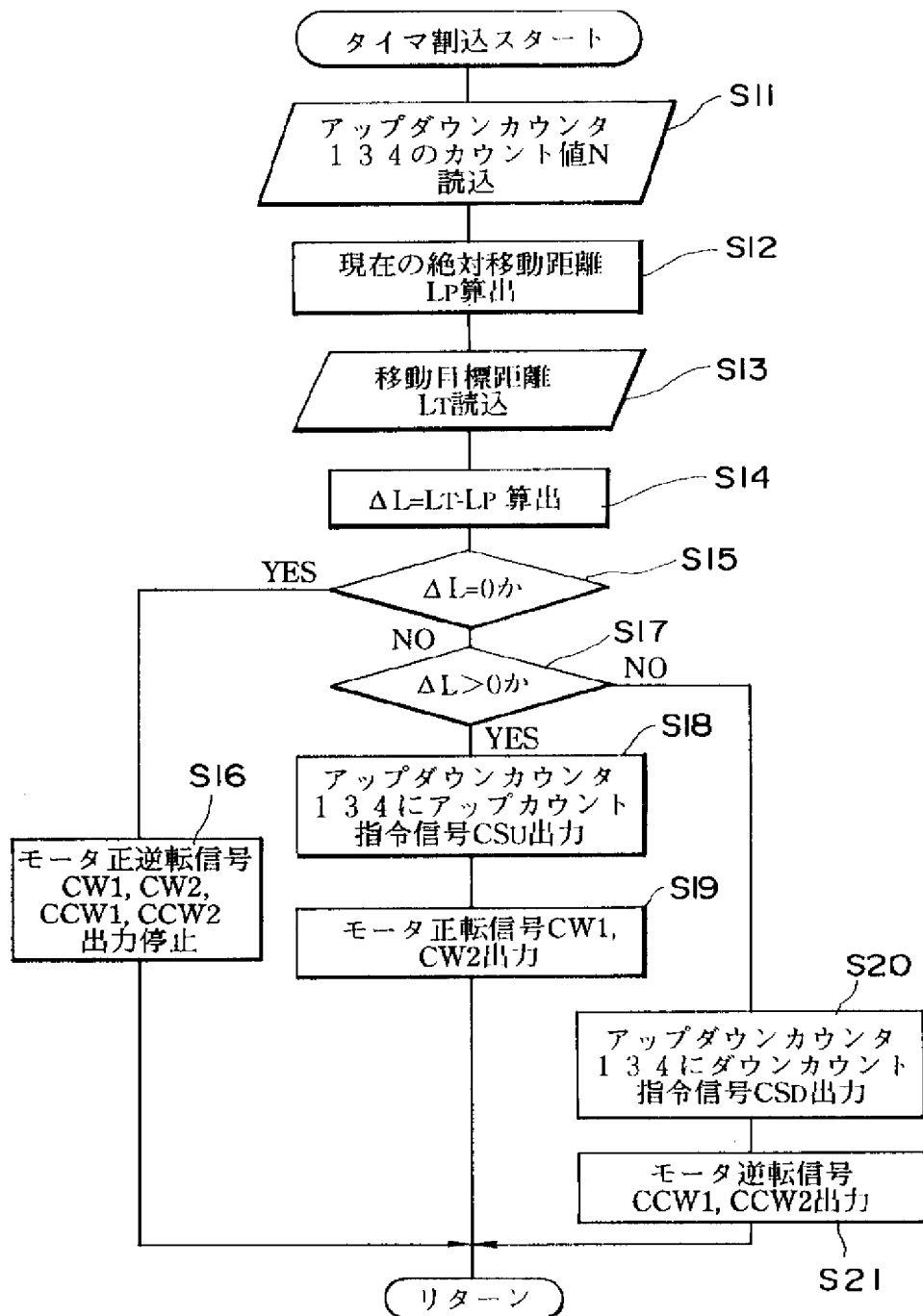


### 130 変位測定兼制御装置

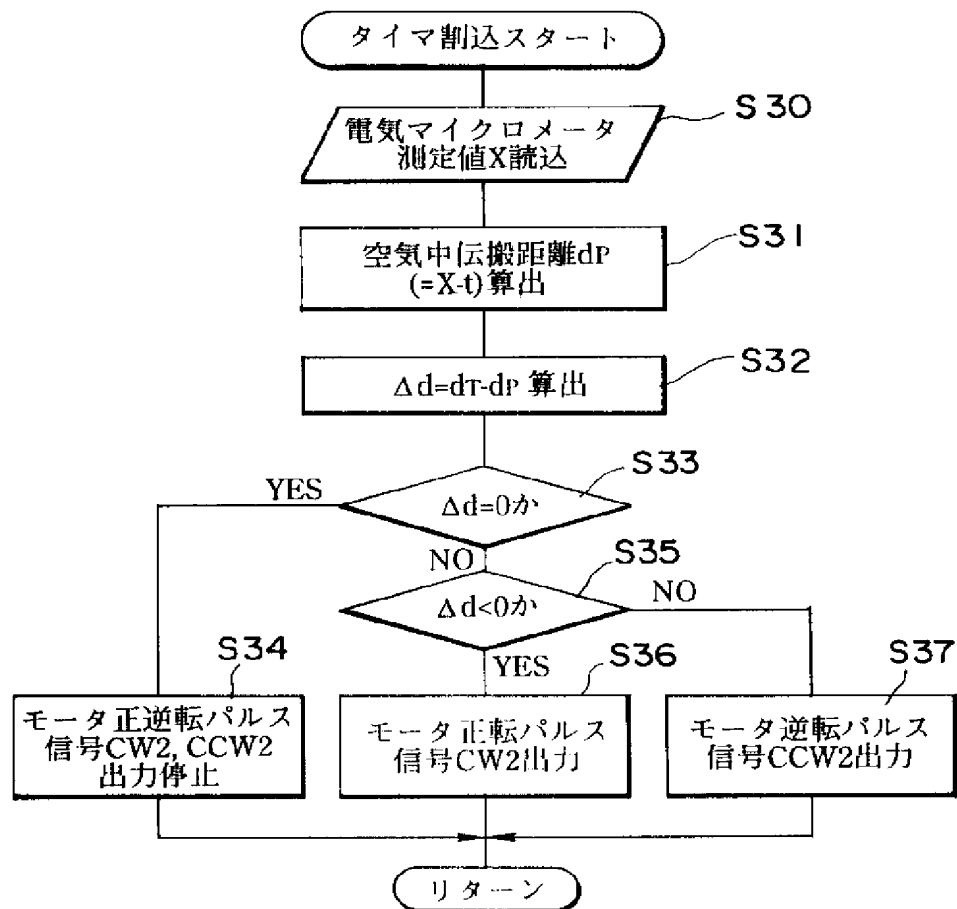
【図4】



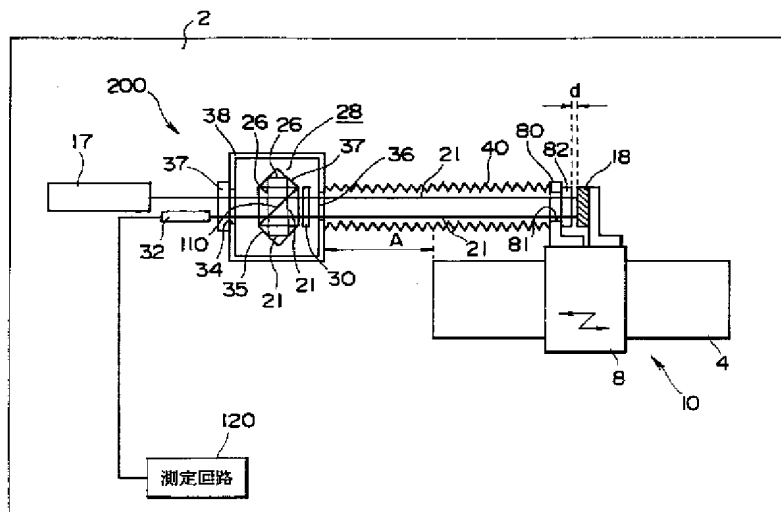
【図5】



【図7】



【図8】



PAT-NO: JP408029122A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08029122 A  
TITLE: DISPLACEMENT MEASURING INSTRUMENT  
PUBN-DATE: February 2, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HASHIMOTO, KOJI	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON SEIKO KK	N/A

APPL-NO: JP06162347

APPL-DATE: July 14, 1994

INT-CL (IPC): G01B011/00 , G01B009/02

ABSTRACT:

**PURPOSE:** To measure displacement highly accurately by eliminating adverse effects on the movement of a moving body caused by the expansion and contraction of the bellows for keeping measuring light in the vacuum state, and decreasing the effects on the displacement measurement caused by the contraction and expansion of a base stage.

**CONSTITUTION:** The laser light from a laser device 17 is divided into two parts of measuring light 21 and reference light 26 with an interferometer 28. The measuring light 21 reciprocates twice between a length measuring mirror 18 of a slider 8, which is moved with a pulse motor 12, and a ball screw 15, and the interferometer 28, in a bellows 40, which is attached to a slider 46 that is moved by a pulse motor 56, and a ball screw 60 in the internal vacuum state. The reference light 26 reciprocates in reference chamber parts 66 and 68 in the vacuum state of the inside between respective cube corners 62 and 64 for reference, which are fixed to the positions corresponding to the contraction limit of the bellows 40, and the interferometer 28. The measuring light 21 and the reference light 26, which are returned to the interferometer 28, are made to interfere, and the interference fringes corresponding to the displacement amount of the slider 8 are formed.

**COPYRIGHT: (C)1996,JPO**